



УДК 631.313



DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-53-56

Размещение сферических дисков фронтальных борон

Алексей Феодосьевич Жук¹,
кандидат технических наук,
ведущий специалист;

Казбек Аюбович Сохт²,
доктор технических наук, профессор кафедры,
e-mail: kazbek.sokht@yandex.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Российская Федерация

Реферат. В почвообрабатывающих машинах широко используют дисковые сферические рабочие органы, которые служат элементной базой комбинированных агрегатов и дисковых борон, в том числе многорядных с дисками на индивидуальных стойках. Орудия применяют при выполнении традиционной технологии на основе отвальной вспашки при мелкой обработке после поздно убранных предшественников, например, кукурузы, подсолнечника, а также в технологиях NO-TIL. *(Цель исследования)* Обосновать размещение рабочих органов на раме дисковой бороны, обеспечивающее уменьшение необходимого количества дисков и повышение качества обработки почвы. *(Материалы и методы)* Выполнили анализ размещения дисковых рабочих органов бороны и выявили их рациональное расположение и взаимную ориентацию в рядах, увеличивающие ширину обработки смежных полос почвы, улучшающие полноту подрезания и рыхления пласта по всей ширине захвата при уменьшении необходимого количества дисков. *(Результаты и обсуждение)* Установили такое взаимное размещение дисков в их рядах, при котором улучшается сдвиг почвы, повышается количество полосок, обрабатываемых в свал смежными дисками. Показали, что размещение рабочих органов последующего ряда с учетом ориентации смежных дисков предыдущего позволяет при полном подрезании почвы по всей ширине захвата дисковой бороны экономить один рабочий орган на каждые 400 миллиметров ширины ее захвата. *(Выводы)* Выявили, что при обработке почвы диском с перемещением ее в сторону уже обработанной смежной полосы технологическая ширина захвата диска увеличивается за счет проявления деформации отрыва и сдвига почвы. Предложили порядок расположения сферических дисков и их взаимную ориентацию, повышающие качество обработки почвы, полноту подрезания по всей ширине захвата, а также возможность уменьшения их количества.

Ключевые слова: обработка почвы, дисковая борона, размещение дисков, сокращение количества дисков, полнота подрезания почвы.

■ **Для цитирования:** Жук А.Ф., Сохт К.А. Размещение сферических дисков фронтальных борон // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №4. С. 53-56. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-53-56

Arrangement of Spherical Disks for Frontal Harrows

Aleksei F. Zhuk¹,
Ph.D.(Eng), key expert;

Kazbek A. Sokht²,
Dr.Sc.(Eng.), professor,
e-mail: kazbek.sokht@yandex.ru

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

Abstract. Disk-type spherical working tools are widely used in soil-cultivating machines, where they serve as an element base for combined units and disk harrows, including the multi-row ones with disks on individual racks. The tools are used in the implementation of traditional technologies based on reversible plowing, with surface tillage after late-harvested predecessors, for example, corn, sunflower, and also in NO-TIL technologies. *(Research purpose)* To determine the arrangement of working tools on the disk harrow frame, which reduces the required number of disks and improves the quality of soil cultivation. *(Materials and methods)* The authors have analyzed the arrangement of disk harrow working tools and determined their rational arrangement and mutual positions in the rows, which increases the tillage width between adjacent soil strips, thus improving the completeness of soil shearing and loosening over the entire operating width with simultaneous decreasing of the required number of disks. *(Results and discussion)* The authors have determined the interrelated arrangement of disks in their rows, aimed at improving soil shearing, so that the number of strips tilled

into a ridge by adjacent disks increases. It has been shown that the arrangement of working tools of the consecutive row determined by the orientation of the adjacent disks of the previous row, allows to economize one working tool for every 400 mm of its operating width when shearing the soil all the way across the entire width of the disk harrow. (*Conclusions*) It has been established that when soil is tilled with a disk and moved toward the already processed adjacent strip, the technological width of the disk coverage increases due to the deformation of soil tearing and shearing. The authors have proposed the arrangement order of spherical disks and their mutual orientation, which improves the quality of soil cultivation, the completeness of soil shearing along the entire operating width, and leads to a reduction in the number of disks.

Keywords: soil cultivation, disk harrow, disks arrangement, reduction of the number of disks, completeness of soil shearing.

For citation: Zhuk A.F., Sokht K.A. Arrangement of spherical disks for frontal harrows. *Selskokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(4): 53-56. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-53-56. (In Russian).

Агротехнические требования к обработке почвы дисковыми боронами зависят от ее назначения: предпосевная после отвальной вспашки, основная мелкая или другое. При этом важнейшее требование к дисковой бороне – полнота подрезания, сдвига почвенного пласта по всей ширине ее захвата. Этому требованию должны отвечать многорядные бороны с фронтально расположенными дисками на индивидуальных стойках. Параметры размещения дисков в таких боронах подбирают экспериментально. Увеличение количества дисков на единицу ширины захвата повышает их стоимость по сравнению с традиционными боронами батарейного типа, ухудшает устойчивость их работы на сильно засоренных полях.

Цель исследования – повышение качества обработки почвы и уменьшение необходимого количества дисковых рабочих органов за счет коррекции их размещения на раме бороны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. При работе плоского диска с углом атаки α почва воспринимает деформацию сжатия и сдвига, а от конусного или сферического диска, отклоненного от вертикальной плоскости под углом β , – деформацию отрыва и сдвига. При этом облегчается подъем пласта вверх по сферическому или конусному диску. Отдельный диск, как правило, рыхлит монолитную почву только на ширину вырезаемой в ней полосы сечением в виде сегмента эллипса с хордой на уровне поверхности почвы (рис. 1) [1-3]. Однако боковые напряжения отрыва и сдвига, создаваемые диском, могут разрушить дополнительную полосу почвы, обработанную впереди идущим диском между обрабатываемой и уже обработанной почвой [4, 5].

Длина элементов стружки, образующихся в результате отрыва и сдвига, зависит от ширины почвенной полоски между полосой, вырезанной диском в монолите, и почвой со структурой, нарушенной впереди идущим диском, обрабатывающим смежную полосу. Эта длина должна быть меньше средней длины стружки, так как диск движется в продольном направлении, а боковое разрушение дополнительной полоски почвы происходит только в результате временного действия нормальных

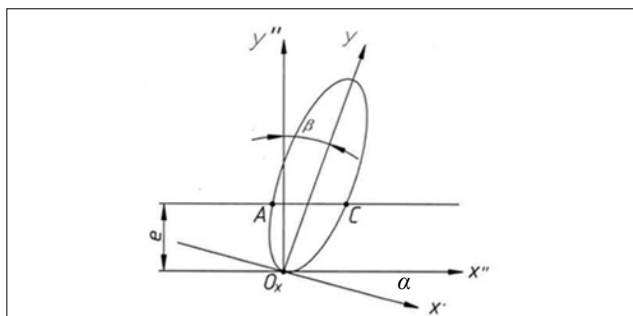


Рис. 1. Форма выреза почвы из монолита сферическим диском с углом атаки α и углом наклона от вертикальной поверхности β (e – глубина обработки)

Fig. 1. The profile of the soil cut out of a monolith with a spherical (concave) disk with an approach angle α and inclination angle β (e is the depth of treatment)

напряжений на стенку перегородки до образования первого элемента стружки в боковом направлении (рис. 2) [5, 14].

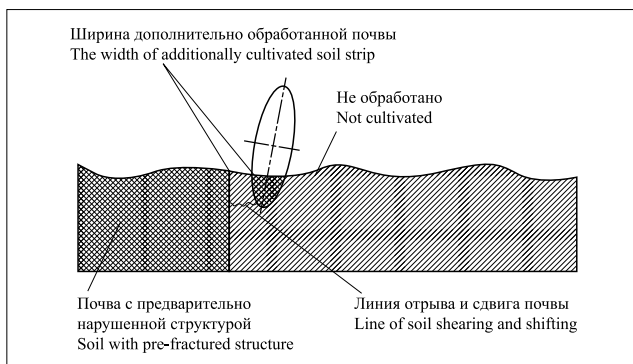


Рис. 2. Увеличение ширины обрабатываемой диском полосы за счет отрыва и сдвига между полосами вырезаемой и взрыхленной почвы

Fig. 2. An increase in the width of the strip tilled by the disk due to tearing and shearing between the strips of tilled and already cultivated soil

Таким образом, два диска, расположенных один за другим в разных рядах, обрабатывают смежные полоски почвы, при этом второй диск обрабатывает почву в свал или отваливает почву в ту же сторону, что и первый. Тогда при одинаковых параметрах

трах обоих дисков второй может обрабатывать почву большей ширины, чем первый, на величину длины одной стружки. Длина одного ее фрагмента зависит от типа и структуры почвы, ее влажности, твердости, наличия корневых остатков, режимов работы и параметров дискового орудия (глубины обработки, скорости агрегата, углов атаки и наклона диска), значения которых меняются на одном и том же поле и носят случайный характер [6, 7].

Для уточнения поправочного коэффициента планируемой ширины захвата дисков в зависимости от их расположения относительно смежных передних провели экспериментальные исследования и рекомендовали рациональное размещение рабочих органов.

Результаты и обсуждение. Дисковые бороны с индивидуальным креплением к раме рабочих органов, несмотря на малое междуследие дисков, на плотной почве оставляют необработанные полосы [8, 9]. Это результат неправильного размещения рабочих органов на раме. Ширина полосы b , обрабатываемой отдельно установленным диском, равна:

$$b = \sqrt{4e_n \sin^2 \alpha (2R \cos \beta - e_n) \cos^2 \beta}, \quad (1)$$

где e_n – агротехнически допустимая высота продольного гребня, образующегося между смежными проходами двух дисков; R – радиус диска; α – угол атаки диска; β – угол наклона диска.

На рисунке 3а показан фрагмент технологической схемы большинства фронтальных многорядных дисковых бороны с индивидуальным креплением рабочих органов и варианты взаимного расположения пар рабочих органов, обрабатывающих смежные полосы почвы (пары 1-2, 2-4, 3-4 и 1-3). Характерной их особенностью является то, что лишь в одной паре (3-4), расположенный сзади диск отрывает и сдвигает почву в сторону борозды, открытой впереди расположенным диском этой же пары. Такую пару назовем эффективной. В предлагаемой нами технологической схеме размещения рабочих органов (рис. 3б) три эффективных пары (1-4, 2-3, 1-2) и одна неэффективная – (3-4).

Результаты проведенных расчетов и экспериментальных исследований показали, что при установке дисков диаметром 560 мм на расстоянии друг от друга 400 мм в одном ряду по схеме (1-4-3-2) технологическая ширина захвата эффективных пар дисков увеличилась в среднем на 50%.

Ширина захвата эффективных пар определяется выражением:

$$b = k \sqrt{4e_n \sin^2 \alpha (2R \cos \beta - e_n) \cos^2 \beta}, \quad (2)$$

где k – коэффициент увеличения ширины обрабатываемой полосы.

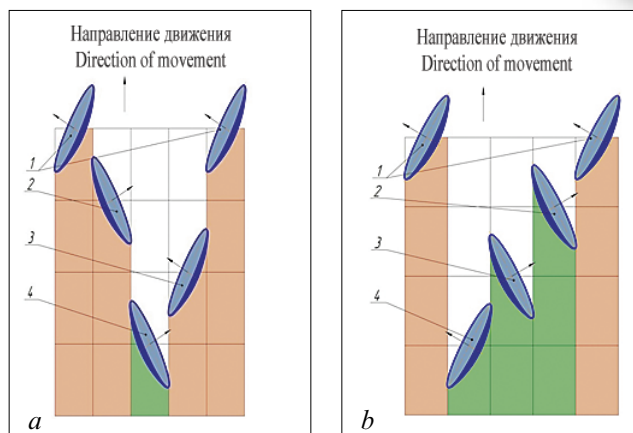


Рис. 3. Фрагменты технологических схем дисковых бороны: с углом атаки дисков, противоположным углу атаки в предыдущем ряду (а), и с обработкой почвы в результате ее деформации отрыва или сдвига (б)

Fig. 3. Fragments of the technological schemes of disk harrows: with the approaching angle, the disks opposite to the approaching angle in the previous row (a), and with the soil tillage as a result of its tear or shear deformation (b)

Ширина захвата больше, чем у обычных неэффективных пар, и зависит от почвенных условий и параметров дисков [10-12]. Если технологическая ширина b -полосы, обрабатываемой в монолите, равна 80 мм, то с учетом отрыва или сдвига в поперечную сторону пара дисков будет обрабатывать полосу шириной 100-130 мм, то есть шире на 20-50 мм. Для полного подрезания почвы по всей ширине 4-рядной дисковой бороны четырехметрового захвата достаточно 32 диска вместо 40. При их традиционном размещении полное подрезание почвенного пласта недостижимо, а при рекомендуемом – обеспечивается меньшим количеством дисков [13].

Выводы

1. При размещении рабочих органов на дисковых бороны необходимо учитывать зависимость технологической ширины обработанной полосы каждым рабочим органом от взаимного расположения пары дисков, обрабатывающих смежные полосы почвы.

2. При обработке почвы диском с перемещением ее в сторону уже обработанной смежной полосы ширина захвата диска увеличивается в 1,3-1,7 раза за счет проявления деформации отрыва и сдвига почвы.

3. Для широко распространенных 4-рядных дисковых бороны с дисками диаметром 560 мм при угле атаки 18° угле их наклона $10-11^\circ$ количество дисков можно уменьшить на 20%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. Киев: Феникс. 2008. 266 с.
2. Сохт К.А. Прогнозирование технологических параметров дисковых почвообрабатывающих орудий на этапе их проектирования // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N5. С. 28-30.
3. Жук А.Ф. Обоснование параметров двухдисковых секций борон. *Техника в сельском хозяйстве*. 2011. N4. С. 4-7.
4. Upadhyaya S.K., Pedro Andrade-Sanchez, Kenshi Sakai, William J. Chancellor, Richard J. Godwin. Chapter 3: Tillage. In *Advances in Soil Dynamics*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009. pp. 273-359.
5. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N4. С. 22-25.
6. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение. 1977. 328 с.
7. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Київ: Тов. «ДІА». 2007. 276 с.
8. Сохт К.А. Машинные технологии возделывания зерновых культур. Краснодар: Просвещение Юг. 2001. 270 с.
9. Канарев Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия. М.: Машиностроение. 1983. 144 с.
10. Жук А.Ф. Почвовлагосберегающие агроприемы, технологии и комбинированные машины. М.: Росинформагротех. 2012. 144 с.
11. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика. М.: Агропромиздат. 1986. 349 с.
12. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. Воронеж: Воронежский университет. 1972. 182 с.
13. Вольский В.Ф. Визначення зон раціональних значень параметрів сферично-дискового робочого органу. Екобіотехнології та біопалива в АПК. *Energia*. 2012. Київ-Львів-Сімферополь-Львів. 2012. С. 104-105.

REFERENCES

1. Panov I. M., Vetokhin V.I. Fizicheskiye osnovy mekhaniki pochv [Physical fundamentals of soil mechanics] Kiiv: Feniks. 2008: 266. (In Russian)
2. Sokht K.A. Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov diskovykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy na etape ikh proyektirovaniya [Forecasting the technological parameters of disk tillage tools at the stage of their designing] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. 5: 28-30. (In Russian)
3. Zhuk A.F. Obosnovaniye parametrov dvukhdiskovykh sektsiy boron [Determination of the parameters of two-disk sections of harrows]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2011: 4. 4-7. (In Russian)
4. Upadhyaya S.K., Andrade-Sanchez P., Sakai K., Chancellor W.J., Godwin R.J. Chapter 3: Tillage. In *Advances in Soil Dynamics*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009. 273-359. (In English)
5. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Obosnovaniye rasstanovki diskovykh rabochikh organov v kombinirovannykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatakh [Determining the arrangement of disk working elements in combined soil-cultivating units] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. N4: 22-25. (In Russian)
6. Sineokov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Theory and calculation of the parameters of soil-cultivating machines]. М.: Mashinostroyeniye. 1977. 328. (In Russian)
7. Gukov Ya.S. Obrobitok gruntu. Tekhnologiya i tekhnika [Soil removing. Technologies and machinery]. Kiiv: Tov. "DIA". 2007: 276.
8. Sokht K.A. Mashinnyye tekhnologii vzdelyvaniya zernovykh kul'tur [Mechanized technologies of cultivating grain crops]. Krasnodar: Prosveshcheniye Yug. 2001. 270. (In Russian)
9. Kanarev F.M. Rotatsionnyye pochvoobrabatyvayushchiye mashiny i orudiya [Soil tillage rotary implements and tools]. М.: Mashinostroyeniye. 1983. 144. (In Russian)
10. Zhuk A.F. Pochvovlagosberegayushchie agropriyemy, tekhnologii i kombinirovannye mashiny [Soil-and-moisture-saving farm practices, technologies and combinations]. М.: Rosinformagrotekh. 2012. 144. (In Russian)
11. Kulen A., Kuipers Kh. Sovremennaya zemledel'cheskaya mekhanika [Modern agricultural mechanics]. М.: Agropromizdat, 1986. 349. (In Russian)
12. Nartov P.S. Diskovyye pochvoobrabatyvayushchiye orudiya [Soil tillage disk tools]. Voronezh: Voronezhskiy universitet. 1972. 182. (In Russian)
13. Vol'skiy V.F. Vznachennya zon ratsional'nikh znachen' parametriv sferichno-diskovogo robochogo organu [Determining the zones of rational values of parameters of a spherical-disk robotic tool]. *Ekobiotekhnologii ta biopaliva v APK. Energia*. 2012. Kiiv-Lyublin-Simferopol'-L'viv. 2012. 104-105. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 21.05.2018
The paper was submitted
to the Editorial Office on 21.05.2018

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья принята к публикации 27.08.2018
The paper was accepted
for publication on 27.08.2018

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.